

UNTERSUCHUNG DER SPALTÖFFNUNGSAPPARATEN VON EQUISETUM

Von

M. KEDVES

Aus dem Botanischen Institut der Universität Szeged
(Eingegangen am 28. August 1958)

Einleitung

Die von anderen Typen der Pflanzenwelt abweichende Form der kompliziert aufgebauten Stomen der *Equiseten* hat RIEBNER (1926) — nach der Überprüfung der Arbeiten von vorigen Autoren — festgestellt. Er hat sich eingehend mit den physiologischen Fragen beschäftigt, und die systematischen Beziehungen hat er unbeachtet gelassen. Aus diesem Gesichtspunkt ist die zusammenfassende Arbeit von MILDE (1867) wichtig, aber seine, über die Spaltöffnungsapparaten mitgeteilten Zeichnungen sind sehr abweichend von denen, die in RIEBNER's Arbeit mitgeteilt sind. Deshalb war ich bestrebt die Frage am Grunde genauer morphologischer Untersuchung aus systematischem und — von den bisherigen Auktoren abweichend — aus entwicklungsge-
schichtlichem Gesichtspunkt zu lösen.

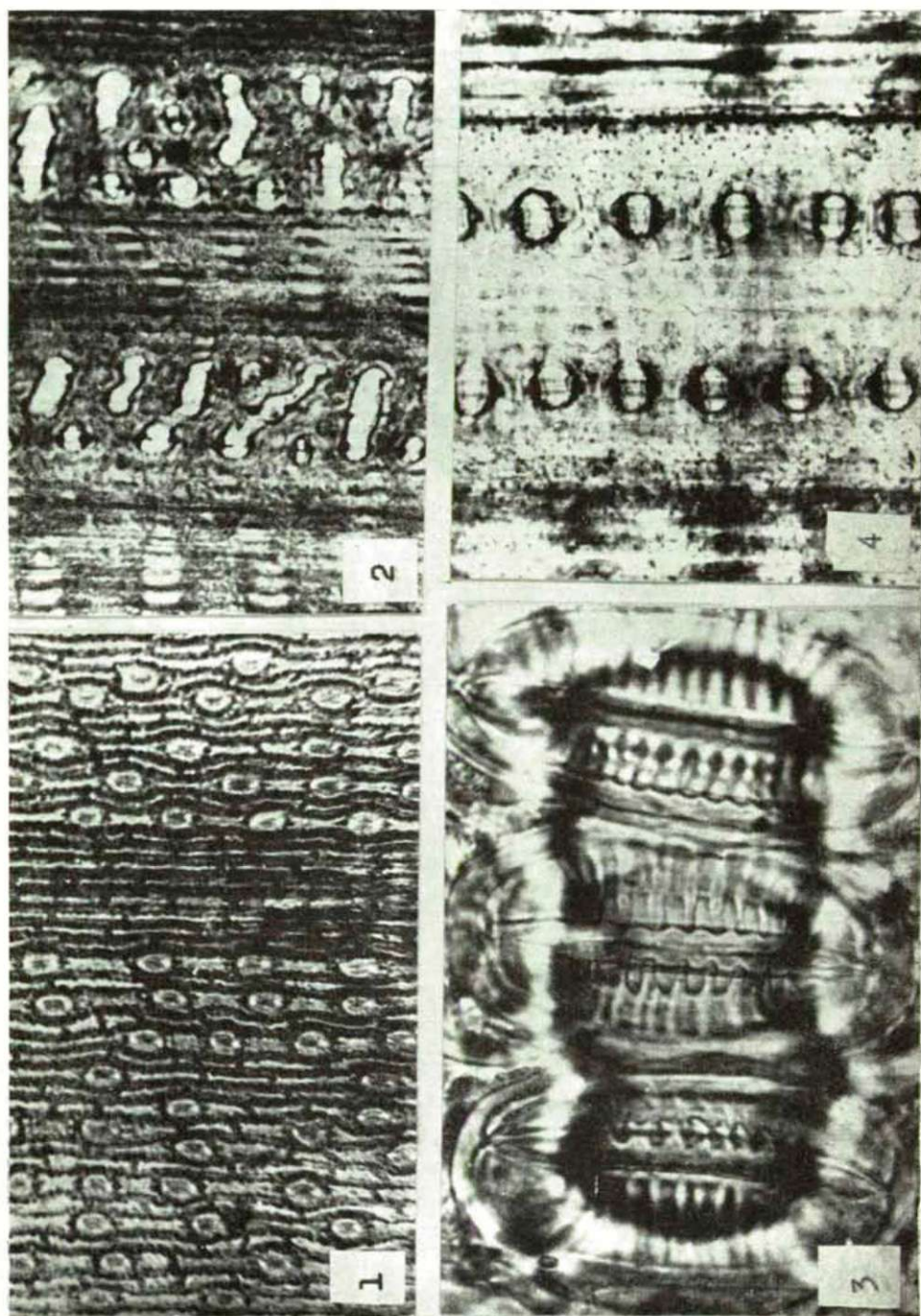
Material und Methodik

Die Stomen von folgenden 19 *Equisetum*-Arten habe ich untersucht: *E. arvense* L., *E. maximum* Lam., *E. pratense* Erh., *E. silvaticum* L., *E. litorale* Kuehlew., *E. xylochaetum* Mett., *E. giganteum* L., *E. pyramidale* Goldm., *E. ramosissimum* Desf., *E. laevigatum* Al. Br., *E. trachyodon* Al. Br., *E. variegatum* Schleich., *E. scirpoides* Michx.

Bei der Vorbereitung der Präparate ist die Mazeration mit NaOH zu benützen, denn wegen die starke Kieselschicht der Epidermis hat die Methode von ÚJHELYI (1954) keine genügenden Erfolge gegeben.

Beobachtungen

Die Spaltöffnungsapparate der Pflanzen der Sektion *Euequisetum* Sad. (syn. *Equiseta phaneropora* Milde) ordnen sich in den Internodien des Stengels an den Epidermen der Valleculen allgemein in Streifen, selten in zwei Reihen. Die Stomen der in die *Equiseta anomorpha* Milde Gruppe gehörende



Tafel I.: 1. *E. fluviatile* L., 100x 2. *E. hiemale* L., 100x 3. *E. xylochaetum* Mett., 750x 4. *E. pyramidale* Goldm., 100x

E. arvense L. sind in zwei Streifen in 2—6 Reihen geordnet; an der Epidermis des Stengels von *E. maximum* Lam. befinden sich keine Stomen; bei den Arten von *Equiseta stichopora* Milde sind sie in zwei von einander weitstehenden Reihen, oder in zwei Streifen in 2—2 Reihen; an den Stengeln der Pflanzen von *Equiseta homophyadica* Al. Br. in einem Streife, in vielen Reihen zu beobachten. (Tafel I. 1.)

Die Spaltöffnungsapparate sind nicht in die Epidermis gesunken, sie erheben sich sogar an der Mitte, ihre Poren sind in der Längsrichtung des Stengels, selten schief dazu geordnet. Die Form gibt meistens oval, bei manchen Arten spitzen sich in dem Ende, aber sie können auch beinahe kreisförmig oder Rombus-Gestalt annehmen (Tafel II. 2.) Die Länge gibt einen Wert von 60—130 μ , die Breite 38—72 μ .

Die stabartige Verdickungen der inneren Wand der Nebenzellen sind einfache Kieselstrahle, die selten dichotomisch verzweigt sind (Tafel II. 1.).

Die Schliesszellen sind dünnwändig, bohnenförmig, deren durchschnittliche Länge 38—95 μ , Breite 12—27 μ .

Die Spaltöffnungsapparate befinden sich bei den Arten der Sektion *Hippochaete* Milde, (syn. *Equiseta cryptopora* Milde) in zwei Reihen an den Epidermen der Valleculen in den Internodien des Stengels. *E. Martii* Milde, *E. xylochaetum* Mett. und *E. pyramidale* Goldm. gestatten eine Ausnahme, bei denen sie in zwei Streifen, und in jeden Streifen in mehreren Reihen geordnet sind (Tafel I. 2.).

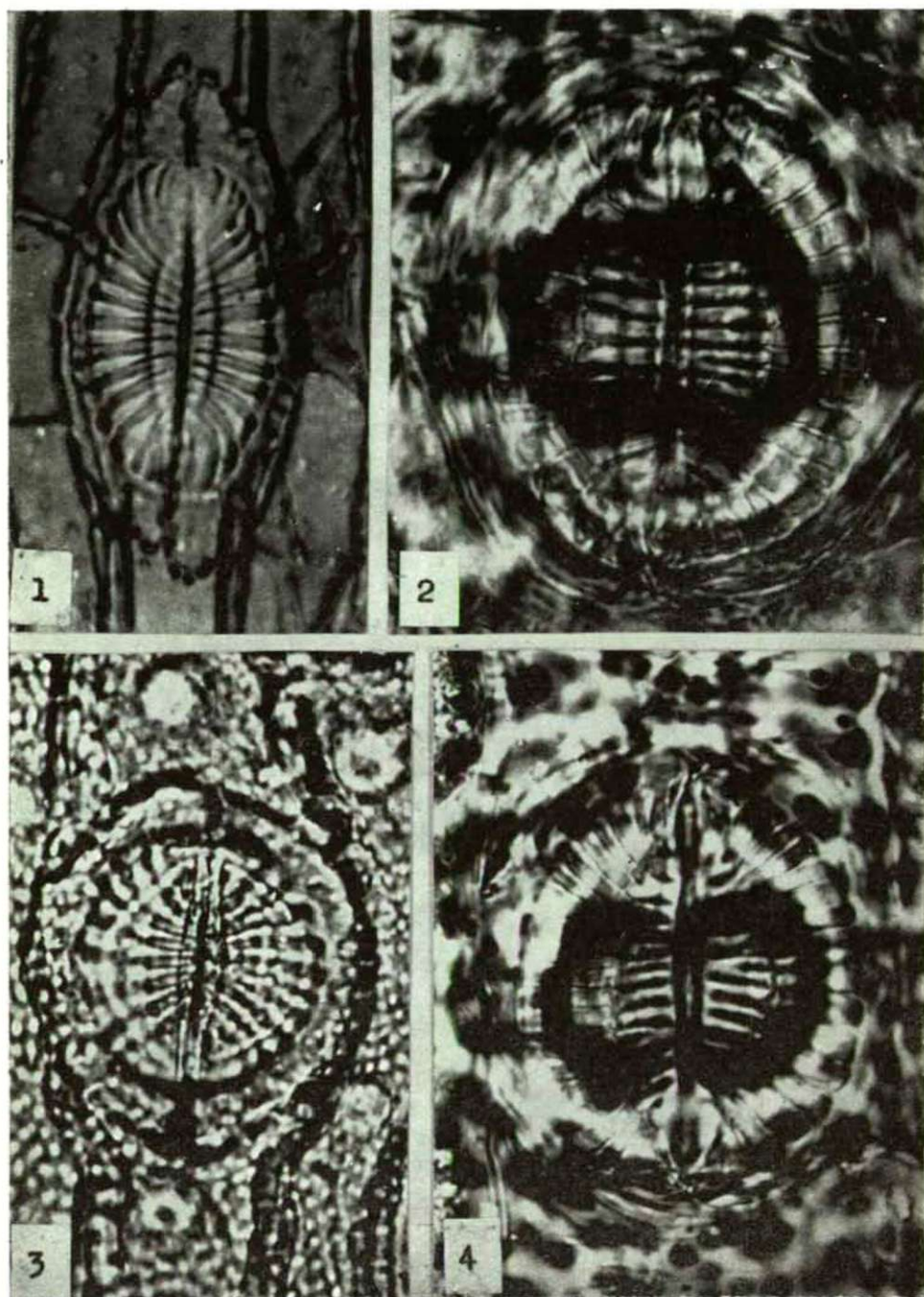
Die Spaltöffnungsapparate sind in die Epidermis gesunken, und sie sind teilweise von Epidermiszellen bedeckt. Das von denen frei gelassene Gebiet befindet sich an der Mitte der Stoma, kreis-, oval- oder beinahe ziegelförmig, es ist bei jeder Stoma extra zu finden, einige, vorher erwähnte Arten bilden nur Ausnahmen, bei denen im Folge der gestreiften Anordnung oft mehrere Spaltöffnungsapparate das von Epidermiszelle frei gelassene Gebiet gemeinsam haben (Tafel I. 3.).

Die Pore der Spaltöffnungsapparate befindet sich immer in der Längsrichtung des Stengels.

Sie sind im allgemein kreis- oder in die Länge des Stengels verlängert, oval-förmig. Die vorher erwähnten Arten haben auch in diesem Fall entscheidende Eigenschaften, denn ihre Stomen sind schmal und lang ausgedehnt (Tafel I. 3.).

Die Nebenzellen sind im allgemein der Gestalt von Stoma entsprechend halbkreis- oder halboval-förmig. Die stabartige Verdickung der inneren Wände ist sehr kompliziert, und darauf bezüglich finden wir in der Litteratur viele unklare und fehlerhafte Zeichnungen. In der Beziehung der Benennung der Einzelheiten habe ich in der Litteratur keine Angaben gefunden, deshalb muss ich bei den feineren, bisher unklaren Strukturen neue Benennung benützen.

Die radialen Stäbchen sind in zwei Gruppen zu teilen. Die primären Stäbchen, die sich neben den Poren der Nebenzellen befinden, sind schmale, nadelförmige Verdickungen (Fig. 1/1., Tafel II. 2. u. 4.). Die Zahl bei den untersuchten Arten zeigt keine grosse Unterschiede, 9—12 Nebenzellen sind 8—10 μ lang. Diese wurden durch die Glieder der in die Länge der Nebenzelle orientierten, bogigen oder in Zickzack ablaufenden oberflächlichen, länglichen Stäbche verknüpft, die auf der Strecke zwischen den zwei primären Stäbchen oft gewölbt sind (Fig. 1/2.).



Tafel II.: 1. *E. fluviatile* L. 750x 2. *E. hiemale* L. 750x 3. *E. bogotense* H. B. K. 750x 4. *E. trachyodon* Al. Br. 750x

In der Vortsetzung der primären Stäbchen oder aus den Bogen der Stäbchen sind neuere radiale Verdickungen zu beobachten, die sekundäre Stäbchen, die selten dichotomisch verzweigt sind. (Fig. 1/3. Tafel II. 2.) Diese wurden in der Randlinie der Schliesszellen durch den lateralen länglichen Stäbchen verknüpft, der auf der Strecke zwischen zwei sekundären Stäbchen gewölbt ist (Fig. 1/4.).

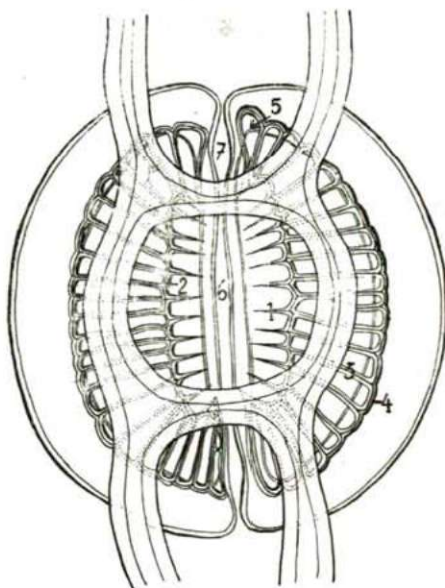


Fig. 1.: E. hiemale L. 600x

Bei vielen Arten sind an den Enden der Schliesszellen schleifenförmige Verdickungen, die — da sie mit keinen von den bisher erwähnten zu identifizieren sind — akzidentelle Stäbchen genannt werden können (Fig. 1/5.).

Am Oberflächenbild des Spaltöffnungsapparats ist in 45—65 μ Länge die Pore der Nebenzelle zu beobachten (Fig. 1/6.), weiter die Wände der Nebenzellen erreichen auf einer kleinen Strecke fast einander, dann folgt eine Aussackung, die man gut beobachten kann (Fig. 1/7., Tafel II. 2.). Das habe ich noch in der Litteratur auf keiner Zeichnung gefunden, der Gestalt nach scheint der Name sinus am besten geeignet zu sein.

Die Schliesszellen sind bohnenförmig, oder an den Enden spitzig, mit einer Länge von 57—90 μ , und mit einer Breite von 18—40 μ .

Auswertung der Beobachtungen

Wenn wir die Spaltöffnungsapparate von *Equiseten* aus dem Gesichtspunkt der Struktur auswerten, können wir zwei extreme Typen unterscheiden: phaneropor und cryptopor. Zwischen denen kommen Übergangsformen vor: die Stomen von *E. xylochaetum* Mett., *E. pyramidale* Goldm., und *E. Martii* Milde, denn sie kommen dem Charakter dem phaneropor Typ

entsprechend in Streifen vor. Dagegen die stabartige Verdickung der inneren Wand der Nebenzelle stimmt im Grunde dem cryptopor Type (Tafel I. 3.), aber es ist charakteristisch auf diese drei Arten, dass die Kieselstäbchen viel dicker sind als bei anderen Arten von *Equiseta cryptopora*. Die primäre Stäbe sind stumpf beendete Verdickungen und sie gehen fast im oberflächlichen, länglichen Stäbchen auf.

Die sekundären Stäbchen erscheinen — ausser wenigen Ausnahmen — in der Fortsetzung der primären Stäbchen, und sie bilden den vorherigen ähnlich die lateralen Stäbchen.

Am Grunde der erwähnten Gesichtspunkte ist es begründet bei der Zusammensetzung des Systems von *Equiseten* in der *Equisetaceae* drei Sektionen zu unterscheiden:

I. Sektion: *Equiseta phaneropora* Milde syn. *Euequisetum* Sad.

In dem sind nach MILDE zwei Subsektionen zu unterscheiden:

1. Subsektion: *Equiseta heterophyadica* Al. Br. Dazu gehören noch zwei kleinere Gruppen. (1. *Equiseta anomopora* Milde — *E. arvense* L., *E. maximum* Lam., 2. *Equiseta stichopora* Milde — *E. pratense* Ehrh., *E. silvaticum* L.).

2. Subsektion: *Equiseta homophyadica* Al. Br. (*E. diffusum* Don. *E. bogotense* H. B. K., *E. palustre* L., *E. fluviatile* L., *E. litorale* Kuehlew.).

II. Sektion: *Equiseta pleiosticha* Milde

In diese neue Kategorie kann man die eingehend besprochenen Arten — die übergänglichen Charakter zeigen — reihen. (*E. Martii* Milde., *E. xylochaetum* Mett., *E. pyramidale* Goldm.)

III. Sektion: *Equiseta cryptopora* Milde syn.: *Hippochäete* Milde

Da sind drei Subsektionen zu unterscheiden:

1. Subsektion: *Equiseta angulata* Milde (*E. giganteum* L., *E. Schaffneri* Milde).

2. Subsektion: *Equiseta ambigua* Milde (*E. ramosissimum* Desf., *E. Sieboldi* Milde.)

3. Subsektion: *Equiseta monosticha* Milde — das gliedert sich noch weiter in 4 Gruppen. (1. *Equiseta debilia* Milde — *E. debile* Roxb. — 2. *Equiseta mexicana* Milde — *E. myriochetum* Ad. de Cham. et de Schtd., *E. mexicanum* Milde — 3. *Equiseta hiemalia* Milde — *E. hiemale* L., *E. robustum* Al. Br., *E. laevigatum* Al. Br. — 4. *Equiseta trachyodonta* Milde — *E. trachyodon* Al. Br., *E. variegatum* Schleich., *E. scirpoides* Michx.)

Zusammenfassung

Die Spaltöffnungsapparate von *E. xylochaetum* Mett., *E. pyramidale* Goldm. und *E. Martii* zeigen einen übergänglichen Charakter zwischen den phaneropor und cryptopor Stomen. Der Aufbau und die Verzweigung dieser Arten steht auch zwischen den zwei Typen, deshalb ist es begründet die *Equiseten* — statt dem bisher in zwei gegliedertem System — in drei Sektionen zu teilen.

Schrifttum

- (1) *Greguss, P.*: Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen, Akadémiai Kiadó, Budapest 1955.
- (2) *Milde, J.*: Monographia Equisetorum, E. Blochmann und Sohn, Dresden 1867.
- (3) *Ogura, Y.*: Anatomie der Vegetationsorgane der Pterydophyten, Gebrüder Bornträger, Berlin 1938.
- (4) *Riebner, F.*: Über Bau und Funktion der Splatöffnungsapparate bei den *Equisetinae* und *Lycopodinae*, Planta **1**, 260—300 (1926).
- (5) *Újhelyi, J.*: Újabb eljárás a szálaslevelű egyszikűek, különösen a Gramineae család epidermis szövettani vizsálatához, Bot. Közl. **45**, 227—230 (1954).